

# Konsep *Integrated Urban Farming System* (IUFS) sebagai model pertanian perkotaan berkelanjutan

## *The concept of Integrated Urban Farming System (IUFS) as a sustainable urban agriculture model*

**Luqman Darmawan, Edeng Hidayat, Asep Najmudin, Intan Meylan**

*Fakultas Pertanian, Universitas Insan Cendekia Mandiri. Jl. Pasirkaliki No 199 Bandung 40162, Indonesia*

**Korespondensi:**  
luqmandarch@gmail.com

**Submit:**  
26 Desember 2025

**Direvisi:**  
14 Januari 2026

**Diterima:**  
18 Januari 2026

**Abstract.** Rapid urban development has led to the reduction of productive agricultural land, resulting in greater vulnerability of urban food security. The Integrated Urban Farming System (IUFS) is a sustainable agricultural approach that integrates crop production, aquaculture, and livestock subsystems within a circular resource-use framework. This study aimed to implement and analyze an IUFS model on a limited land area of 100 m<sup>2</sup> in Sukapura Village, Kiaracondong District, Bandung City. The research employed an applied research approach using descriptive-analytical and limited experimental methods over one production cycle. The IUFS model integrated hydroponic subsystem producing pakcoy, water spinach, and lettuce; Nile tilapia aquaculture; and local chicken farming. The results indicated that the hydroponic system achieved high and stable vegetable productivity, with the substitution between tilapia pond water and liquid organic fertilizer without reducing crop yield. The tilapia and chicken subsystems demonstrated good growth performance and improved feed efficiency through the utilization of vegetable residues. Overall, subsystem integration formed an effective nutrient cycle that enhanced input efficiency and reduced organic waste. The IUFS model developed in this study shows strong potential as a productive, efficient, and sustainable urban farming solution to support urban food security and household economic improvement.

**Keywords:** Hydroponic system, Integrated Urban Farming System (IUFS), local chicken, nile tilapia

**Abstrak.** Perkembangan kawasan perkotaan menyebabkan berkurangnya lahan pertanian produktif, yang berdampak pada kerentanan ketahanan pangan perkotaan. *Integrated Urban Farming System* (IUFS) merupakan pendekatan pertanian terpadu yang mengintegrasikan subsistem tanaman, perikanan, dan peternakan dalam satu sistem berbasis pemanfaatan sumber daya secara sirkular. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan dan menganalisis model IUFS pada lahan terbatas seluas 100 m<sup>2</sup> di Kelurahan Sukapura, Kecamatan Kiaracondong, Kota Bandung. Penelitian menggunakan pendekatan penelitian terapan dengan metode deskriptif-analitis dan eksperimental terbatas selama satu siklus produksi. Model IUFS mengintegrasikan subsistem hidroponik dengan komoditas pakcoy, kangkung dan selada; subsistem budidaya ikan nila; serta subsistem peternakan ayam kampung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem hidroponik mampu menghasilkan produktivitas sayuran yang tinggi dan stabil, dengan substitusi antara air kolam ikan nila dan pupuk organik cair tanpa menurunkan hasil panen. Subsistem budidaya ikan nila dan ayam kampung menunjukkan kinerja pertumbuhan yang baik serta efisiensi pakan melalui pemanfaatan sisa sayuran. Integrasi antar subsistem membentuk sistem daur ulang nutrisi yang meningkatkan efisiensi penggunaan input dan mengurangi limbah. Model IUFS pada lahan terbatas ini berpotensi menjadi solusi pertanian perkotaan yang produktif, efisien, dan berkelanjutan dalam mendukung ketahanan pangan dan ekonomi rumah tangga perkotaan.

**Kata-kata kunci:** Ayam kampung, ikan nila, *Integrated Urban Farming System* (IUFS), sistem hidroponik

## PENDAHULUAN

Perkembangan kawasan perkotaan, termasuk Kota Bandung, menyebabkan berkurangnya lahan pertanian produktif dan meningkatnya ketergantungan masyarakat terhadap pasokan pangan dari luar wilayah. Kondisi ini berdampak pada menurunnya kapasitas produksi pangan lokal, meningkatnya biaya distribusi, fluktuasi harga pangan, serta semakin rentannya ketahanan pangan perkotaan, khususnya pada wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi dan keterbatasan ruang terbuka hijau. Pertanian perkotaan (*urban farming*) menjadi alternatif strategis, namun implementasi pada umumnya masih bersifat parsial, berfokus pada satu komoditas dan belum optimal dalam memanfaatkan keterbatasan lahan serta efisiensi input produksi (FAO, 2019). Pola ini menyebabkan efisiensi pemanfaatan lahan, air, dan nutrisi belum optimal serta kontribusinya terhadap ketahanan pangan dan ekonomi rumah tangga perkotaan masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan sistem pertanian perkotaan yang lebih terintegrasi dan berkelanjutan.

*Integrated Urban Farming System* (IUFS) merupakan pendekatan pertanian terpadu yang mengintegrasikan beberapa subsistem produksi, seperti budidaya tanaman, perikanan, dan peternakan dalam satu sistem yang saling mendukung secara ekologis. Pendekatan ini mengacu pada konsep *Integrated Farming System* (IFS) dan ekonomi sirkular, dimana limbah dari satu subsistem dimanfaatkan sebagai input bagi subsistem lainnya, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan lahan, air, dan nutrisi serta mengurangi ketergantungan pada input eksternal (Geissdoerfer *et al.*, 2017). Konsep *Integrated Urban Farming System* (IUFS) dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Konsep *Integrated Urban Farming System* (IUFS)

Penerapan IUFS pada lahan terbatas memiliki potensi besar apabila dikombinasikan dengan teknologi hidroponik dan budidaya ikan yang adaptif terhadap lingkungan perkotaan. Sistem hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT) memungkinkan kepadatan tanam tinggi dan efisiensi penggunaan air (Resh, 2013). Ikan nila dipilih karena memiliki daya adaptasi tinggi serta fleksibilitas dalam pemanfaatan pakan (El-Sayed, 2006), sedangkan ayam kampung memiliki kemampuan beradaptasi yang baik dan mampu memanfaatkan pakan alternatif serta limbah organik, sehingga sesuai untuk mendukung integrasi sistem secara berkelanjutan (Suariani *et al.*, 2023).

Sebagian besar literatur mengenai *urban farming* di Indonesia masih menitikberatkan pada pengembangan dan efektivitas teknologi dasar, seperti hidroponik, vertikultur, dan akuaponik sebagai

solusi pemanfaatan ruang terbatas di wilayah perkotaan. Hal ini sejalan dengan temuan dalam kajian yang menekankan bahwa fokus utama penelitian *urban farming* masih berada pada aspek teknis produksi tanaman dan ikan, efisiensi penggunaan lahan, serta peningkatan produktivitas (Hayati & Al-Amin, 2025). Namun demikian, kajian tersebut juga menunjukkan bahwa pembahasan mengenai integrasi lintas subsistem seperti keterkaitan antara produksi tanaman, perikanan, peternakan skala kecil, dan pengelolaan limbah organik masih relatif terbatas. Akibatnya, pendekatan *urban farming* yang berkembang cenderung bersifat parsial dan belum membentuk satu kesatuan sistem produksi yang saling terhubung dan bersifat sirkular. Integrasi pemanfaatan limbah organik sebagai input fungsional bagi subsistem lain dalam satu sistem pertanian perkotaan terpadu belum banyak diuji secara empiris. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian yang perlu diisi melalui pengembangan dan pengujian model *Integrated Urban Farming System* (IUFS) yang mengintegrasikan berbagai subsistem produksi secara operasional, efisien, dan adaptif terhadap keterbatasan ruang serta karakteristik lingkungan perkotaan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan dan menganalisis model IUFS seluas 100 m<sup>2</sup> di Kelurahan Sukapura, Kecamatan Kiaracondong, Kota Bandung. Lokasi tersebut merupakan kawasan pemukiman perkotaan yang belum optimal pemanfaatannya, minimnya produksi pangan lokal, serta tingginya ketergantungan terhadap pasokan pangan dari luar wilayah. Di sisi lain, lokasi tersebut didukung oleh potensi sosial berupa partisipasi masyarakat yang cukup baik terhadap kegiatan produktif berbasis lingkungan, sehingga relevan untuk pengembangan model pertanian perkotaan terpadu yang aplikatif dan berkelanjutan.

## METODE PENELITIAN

### Pendekatan dan Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian terapan dengan metode deskriptif-analitis dan eksperimental terbatas. Pendekatan ini dipilih karena penelitian bertujuan untuk menguji dan mengevaluasi kinerja suatu model sistem pertanian perkotaan terpadu *Integrated Urban Farming System* (IUFS) pada kondisi lahan terbatas, serta menilai efektivitas integrasi antar subsistem dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi sumber daya.

Menurut Creswell (2014), penelitian terapan berfokus pada pemecahan masalah praktis dengan memanfaatkan teori dan konsep ilmiah sebagai dasar pengambilan keputusan. Sementara itu, penelitian deskriptif digunakan untuk menggambarkan kinerja sistem secara sistematis dan faktual, sedangkan pendekatan eksperimental diterapkan untuk mengamati respons sistem terhadap perlakuan integrasi dan substitusi input (Sugiyono, 2019).

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kelurahan Sukapura, Kecamatan Kiaracondong, Kota Bandung, pada lahan seluas 100 m<sup>2</sup> selama periode tiga bulan. Rentang waktu tersebut mencakup satu siklus lengkap kegiatan penanaman, pemeliharaan, dan panen pada setiap subsistem dalam model pertanian perkotaan terpadu yang diterapkan. Pemilihan lokasi dan durasi penelitian disesuaikan dengan kebutuhan pengujian implementasi model secara aplikatif dalam kondisi nyata pertanian perkotaan.

### Desain Rancangan *Integrated Urban Farming System* (IUFS)

Desain *Integrated Urban Farming System* (IUFS) dalam penelitian ini dirancang dengan mengintegrasikan tiga subsistem utama, yaitu budidaya sayuran berbasis hidroponik, budidaya ikan nila, dan peternakan ayam kampung ke dalam satu kesatuan sistem produksi yang saling terhubung. Integrasi ini bertujuan untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya pada lahan terbatas melalui pengelolaan aliran nutrisi, biomassa, dan energi secara terpadu, sehingga mampu meningkatkan efisiensi produksi dan keberlanjutan sistem pertanian perkotaan. Konsep integrasi yang diterapkan mengacu pada teori *Integrated Farming System* (IFS), dimana keluaran (*output*) dari suatu subsistem dimanfaatkan kembali sebagai masukan (*input*) bagi subsistem lainnya, baik dalam bentuk nutrisi, pakan, maupun bahan organik (FAO, 2017). Pendekatan ini memungkinkan terjadinya pengurangan limbah, penurunan ketergantungan terhadap input eksternal, serta peningkatan efisiensi penggunaan

lahan dan air, yang menjadi tantangan utama dalam pengembangan pertanian di wilayah perkotaan. Berikut adalah gambar diagram alir model konsep *Integrated Urban Farming System* (IUFS).



**Gambar 2.** Diagram alir model konsep *Integrated Urban Farming System* (IUFS)

Desain IUFS ini selaras dengan prinsip ekonomi sirkular dalam sektor pertanian, yang menekankan pada pemanfaatan kembali sumber daya melalui siklus tertutup (*closed-loop system*) untuk meminimalkan kehilangan material dan dampak lingkungan (Geissdoerfer *et al.*, 2017). Melalui integrasi antar subsistem, limbah organik yang dihasilkan tidak dipandang sebagai residu, melainkan sebagai sumber daya bernilai yang dapat dimanfaatkan kembali, sehingga sistem pertanian yang dibangun tidak hanya produktif, tetapi juga adaptif dan berkelanjutan.

### Pengumpulan dan Analisis Data

Data penelitian dikumpulkan untuk mengevaluasi kinerja dan efektivitas penerapan *Integrated Urban Farming System* (IUFS) pada lahan terbatas. Jenis data yang dikumpulkan meliputi produktivitas masing-masing subsistem (kg/siklus), efisiensi penggunaan input utama berupa nutrisi, dan pakan komersial substitusi dengan bahan berbasis limbah organik, serta data pendukung yang mencakup kondisi lingkungan (suhu dan kelembapan) dan kualitas air.

Pengumpulan data dilakukan melalui pengamatan langsung di lapangan, pencatatan harian selama periode pemeliharaan, serta penimbangan hasil panen pada setiap subsistem yang terintegrasi. Selain itu, pengukuran efisiensi input dilakukan dengan membandingkan jumlah input yang digunakan dengan output yang dihasilkan pada setiap siklus produksi. Pendekatan ini memungkinkan diperolehnya data aktual dan kuantitatif yang merepresentasikan kinerja sistem IUFS secara menyeluruh dan kontekstual.

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif untuk menggambarkan kinerja, efisiensi, dan tingkat pemanfaatan sumber daya pada masing-masing subsistem dalam sistem IUFS. Hasil analisis disajikan dalam bentuk nilai rata-rata, persentase, dan perbandingan antar subsistem untuk memudahkan interpretasi dan penarikan kesimpulan terkait efektivitas penerapannya (Sugiyono, 2019) pada sistem IUFS.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Penerapan IUFS, Integrasi dan Daur Ulang antar Subsistem

Integrasi antar subsistem dilakukan melalui pemanfaatan limbah organik dan pengelolaan aliran nutrisi secara terpadu sebagai upaya meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem. Sisa sortasi tanaman sayuran, air kolam ikan, serta kotoran ayam difermentasi untuk menghasilkan pupuk organik cair (POC), yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi tambahan pada air kolam ikan sebelum dialirkan ke sistem hidroponik. Mekanisme ini tidak hanya mendukung pertumbuhan tanaman, tetapi juga memperkuat keterkaitan fungsional antar subsistem dalam satu siklus produksi yang berkelanjutan. Selain itu, sisa panen dan sortiran sayuran dimanfaatkan sebagai pakan tambahan bagi ikan dan ayam. Model integrasi tersebut mencerminkan prinsip *closed-loop system*, yang menurut Pretty (2008) merupakan fondasi utama pertanian berkelanjutan karena mampu menekan limbah, meningkatkan efisiensi energi, dan menjaga keseimbangan ekosistem.

### Subsistem Budidaya Sayuran Sistem Hidroponik DFT

Subsistem hidroponik pada model *Integrated Urban Farming System* (IUFS) diterapkan menggunakan metode *Deep Flow Technique* (DFT) dengan aliran nutrisi kontinu dan kedalaman larutan yang relatif stabil. Sistem DFT dipilih karena memiliki kapasitas penyangga (*buffer*) nutrisi dan suhu yang lebih baik dibandingkan sistem *Nutrient Film Technique* (NFT), sebagaimana dijelaskan oleh Resh (2013). Instalasi hidroponik memiliki kapasitas total 3.720 netpot, yang terdiri atas 1.872 netpot pakcoy, 928 netpot kangkung, dan 920 netpot selada dengan jarak tanam yang digunakan adalah  $10 \times 10$  cm. Berikut kinerja masing-masing komoditas hidroponik hasil penelitian dirangkum pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Produktivitas subsistem hidroponik DFT pada luas instalasi 50 m<sup>2</sup>

Komoditas	Jumlah Netpot (lubang tanam)	Rata-rata Bobot Panen (g/tanaman)	Total Produksi (kg/siklus)	Karakteristik Utama
Pakcoy	1.872	85	159,12	Produktivitas tinggi
Kangkung	928	100	92,80	Produktivitas tinggi
Selada	920	85	73,60	Produktivitas tinggi
<b>Total</b>	<b>3.720</b>	—	<b>325,52</b>	—

Hasil pada Tabel 1 menunjukkan bahwa seluruh komoditas sayuran daun mampu mencapai kategori produktivitas tinggi meskipun tanpa penggunaan nutrisi anorganik sintetis. Capaian ini mengindikasikan bahwa kombinasi air kolam ikan nila dan POC telah mencukupi kebutuhan hara tanaman, sekaligus mendukung prinsip efisiensi sumber daya dalam sistem IUFS.

### Indikator Produktivitas Subsistem Budidaya Sayuran Sistem Hidroponik DFT

Kategori produktivitas tinggi pada subsistem hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT) ditetapkan berdasarkan perbandingan kuantitatif dengan hasil penelitian hidroponik sayuran daun yang dilaporkan dalam literatur nasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bobot panen pakcoy dan selada masing-masing mencapai 85 g per tanaman, lebih tinggi dibandingkan kisaran produktivitas yang umumnya dilaporkan, yaitu 60–80 g per tanaman. Sementara itu, bobot panen kangkung sebesar 100 g per tanaman juga melampaui kisaran produktivitas hidroponik kangkung yang umumnya berada pada rentang 70–90 g per tanaman. Capaian produktivitas tersebut sejalan dengan temuan Febriana *et al.* (2025) yang melaporkan bahwa sistem hidroponik DFT mampu menghasilkan bobot segar selada yang lebih tinggi melalui pengaturan kepadatan bibit per lubang tanam yang optimal. Dengan demikian menguatkan bahwa karakteristik teknis sistem DFT, khususnya stabilitas nutrisi dan lingkungan perakaran, berkontribusi positif terhadap peningkatan parameter pertumbuhan dan hasil panen tanaman sayuran daun. Hal tersebut menegaskan bahwa sistem DFT memiliki potensi yang signifikan dalam mencapai kategori produktivitas tinggi pada budidaya hidroponik sayuran daun.

### Efisiensi Penggunaan Nutrisi Berbasis Air Kolam Ikan dan Pupuk Organik Cair (POC)

Efisiensi penggunaan nutrisi pada subsistem hidroponik IUFS tercermin dari optimalisasi aliran hara internal sistem tanpa ketergantungan pada input eksternal berbasis kimia. Air kolam ikan nila dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi utama (Awalina & Asmuti, 2025), sementara POC berfungsi sebagai nutrisi pelengkap untuk meningkatkan ketersediaan unsur makro dan mikro. Pupuk Organik Cair berbasis kotoran ternak dan limbah organik tanaman mengandung nitrogen, fosfor, kalium, serta unsur mikro esensial yang mampu mendukung pertumbuhan sayuran daun (Haryanta & Widya, 2024). Pola penggunaan nutrisi pada subsistem hidroponik IUFS disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Pola penggunaan nutrisi pada subsistem hidroponik IUFS

Sumber Nutrisi	Peran dalam Sistem	Keterangan
Air kolam ikan nila	Nutrisi utama	Sumber nitrogen terlarut hasil metabolisme ikan
POC organik	Nutrisi pelengkap	Mengandung unsur makro dan mikro berbasis limbah
Dampak terhadap hasil	–	Produktivitas tetap tinggi

Efisiensi sistem ini diperkuat oleh mekanisme *nutrient recycling*, dimana air kolam ikan yang telah dimanfaatkan tanaman dikembalikan ke subsistem perikanan setelah melalui penyaringan. Awalina & Asmuti (2025) melaporkan bahwa sistem akuaponik terintegrasi mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan nitrogen secara signifikan dibandingkan sistem konvensional yang terpisah. Sejalan dengan FAO (2019), integrasi nutrisi berbasis limbah organik dan air kolam ikan dalam pertanian perkotaan merupakan strategi penting untuk meningkatkan keberlanjutan sistem pangan, mengurangi limbah, serta memperkuat prinsip ekonomi sirkular. Dengan demikian, subsistem hidroponik dalam model IUFS ini tidak hanya produktif secara teknis, tetapi juga efisien secara ekologis dan relevan untuk pengembangan pertanian perkotaan berkelanjutan.

### Subsistem Budidaya Ikan Nila

Subsistem budidaya ikan nila pada sistem *Integrated Urban Farming System* (IUFS) dilaksanakan menggunakan kolam terpal seluas 9 m<sup>2</sup> dengan padat tebar 270 ekor (30 ekor/m<sup>2</sup>). Selama satu siklus pemeliharaan, ikan menunjukkan performa pertumbuhan yang baik, ditandai oleh peningkatan bobot rata-rata dari  $\pm 20$  g/ekor menjadi  $\pm 200$  g/ekor, dengan tingkat kelangsungan hidup (*Survival Rate/SR*) mencapai  $\pm 90\%$ . Ringkasan kinerja budidaya ikan nila disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Kinerja budidaya ikan nila dalam sistem IUFS

Parameter	Nilai
Luas kolam	9 m <sup>2</sup>
Padat tebar	270 ekor
Bobot awal	$\pm 20$ g/ekor
Bobot akhir	$\pm 200$ g/ekor
Tingkat kelangsungan hidup (SR)	$\pm 90\%$
Produksi total	$\pm 49$ kg/siklus

Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa subsistem budidaya ikan nila dalam sistem IUFS mampu menghasilkan kinerja produksi yang baik pada lahan terbatas. Pertumbuhan bobot ikan yang optimal dan tingkat kelangsungan hidup yang tinggi ( $\pm 90\%$ ) mencerminkan efektivitas pengelolaan kolam serta dukungan integrasi sistem. Produksi total sebesar  $\pm 49$  kg per siklus menegaskan potensi subsistem perikanan IUFS dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi pemanfaatan sumber daya di kawasan perkotaan.

### Indikator Produktivitas Ikan Nila

Produktivitas budidaya ikan nila dinilai berdasarkan produksi biomassa per satuan luas dan tingkat kelangsungan hidup (SR) sebagai indikator keberhasilan manajemen pakan dan kualitas



lingkungan (El-Sayed, 2006). Pada penelitian ini, produksi total mencapai  $\pm 49$  kg per siklus pada kolam seluas 9 m<sup>2</sup>, setara dengan  $\pm 5,44$  kg/m<sup>2</sup>/siklus dan SR  $\pm 90\%$ . Capaian tersebut tergolong tinggi dibandingkan standar budidaya nila semi-intensif yang umumnya menghasilkan 2–4 kg/m<sup>2</sup>/siklus dengan SR 70–85% (El-Sayed, 2006). Boyd (2020) menyatakan bahwa produktivitas di atas 5 kg/m<sup>2</sup> dengan SR  $\geq 85\%$  mencerminkan sistem budidaya yang efisien dan lingkungan pemeliharaan yang stabil. Oleh karena itu, subsistem ini dapat dikategorikan produktif dan adaptif untuk budidaya perkotaan berbasis lahan terbatas.

### Efisiensi Pemanfaatan Pakan Sisa Sortiran Sayuran

Substitusi pakan komersial dengan sisa sortiran sayuran sebesar  $\pm 20\%$  memberikan dampak positif terhadap efisiensi biaya pakan tanpa menghambat pertumbuhan ikan. Boyd (2020) menyatakan bahwa pemanfaatan bahan pakan alternatif berbasis limbah pertanian berpotensi menurunkan biaya produksi budidaya ikan hingga 15–30%, selama kandungan nutrisinya masih memenuhi kebutuhan dasar ikan. Hal ini relevan dengan karakteristik ikan nila yang bersifat omnivora dan memiliki kemampuan memanfaatkan pakan nabati secara relatif baik (El-Sayed, 2006). Substitusi pakan komersial dengan limbah sayuran diringkas pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Komposisi pakan ikan nila

Jenis Pakan	Persentase	Fungsi
Pelet komersial	$\pm 80\%$	Sumber protein utama
Sisa sortiran sayuran	$\pm 20\%$	Substitusi pakan & efisiensi biaya

Selain aspek pakan, pemanfaatan air kolam ikan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman hidroponik memperkuat prinsip integrasi dalam IUFS. Air kolam yang mengandung nitrat dan fosfat hasil metabolisme ikan berperan sebagai nutrisi tambahan bagi tanaman setelah melalui proses filtrasi. Konsep ini sejalan dengan prinsip akuaponik yang dikemukakan oleh Rakocy *et al.* (2006), dimana limbah nitrogen dari ikan dimanfaatkan secara langsung oleh tanaman sehingga meningkatkan efisiensi nutrisi dan kualitas lingkungan budidaya.

### Subsistem Peternakan Ayam Kampung

Subsistem peternakan ayam kampung dengan populasi 110 ekor pada kandang umbaran seluas 22 m<sup>2</sup> menunjukkan tingkat adaptasi yang baik terhadap penerapan sistem pertanian terpadu. Kepadatan ternak sekitar 5 ekor/m<sup>2</sup> masih berada dalam kisaran optimal untuk sistem semi-intensif ayam kampung, yang umumnya direkomendasikan sebesar 4–6 ekor/m<sup>2</sup> guna menjaga kenyamanan ternak dan mendukung perilaku sosial alaminya. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Zulaiha *et al.* (2022) pada sistem *free range/pastured based* dengan variasi kepadatan 5, 7, dan 9 ekor/m<sup>2</sup>, yang menunjukkan bahwa kepadatan 5 ekor/m<sup>2</sup> menghasilkan performa terbaik, ditandai dengan konsumsi pakan yang stabil dan bobot badan optimal. Kepadatan yang lebih rendah memungkinkan ayam bergerak lebih leluasa, mengurangi kompetisi, serta mendukung pemenuhan kebutuhan fisiologis tanpa menimbulkan stres. Meskipun dilakukan pada ayam ras petelur, prinsip kebutuhan ruang dan respons fisiologis terhadap kepadatan kandang bersifat universal pada unggas, sehingga penerapan kepadatan 4–6 ekor/m<sup>2</sup> pada sistem umbaran atau semi-intensif ayam kampung dinilai tepat, relevan secara ilmiah, dan mendukung kesejahteraan ternak serta keberlanjutan sistem pertanian terpadu.

Dengan demikian, kepadatan 5 ekor/m<sup>2</sup> yang diterapkan dalam penelitian ini dapat dikategorikan aman dan sesuai secara biologis, serta mendukung kesejahteraan ayam kampung dalam sistem pemeliharaan semi-intensif berbasis pertanian terpadu. Kondisi ini menjadi indikator awal bahwa sistem pemeliharaan mendukung performa produksi yang baik. Kinerja pemeliharaan ayam kampung dalam sistem IUFS disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Kinerja subsistem peternakan ayam kampung

Parameter	Nilai
Jumlah ayam	110 ekor
Luas kandang	22 m <sup>2</sup>
Sistem pemeliharaan	Umbaran
Tingkat substitusi pakan	±15%
Kondisi kesehatan ternak	Baik

Berdasarkan Tabel 5, subsistem peternakan ayam kampung dalam sistem IUFS menunjukkan kinerja pemeliharaan yang baik dengan tingkat kepadatan ternak yang masih optimal. Sistem umbaran mampu mendukung kondisi kesehatan ternak serta memungkinkan substitusi pakan sekitar ±15%, yang mencerminkan efisiensi pemanfaatan sumber daya dalam sistem pertanian terpadu. Hasil ini menegaskan bahwa subsistem peternakan berpotensi berkontribusi secara positif terhadap keberlanjutan dan efisiensi IUFS.

### Indikator Produktivitas Ayam Kampung

Produktivitas ayam kampung dalam sistem pertanian terpadu tidak hanya diukur dari pertambahan bobot badan, tetapi juga dari kemampuan adaptasi terhadap pakan alternatif, kondisi kesehatan ternak, serta efisiensi pemanfaatan sumber daya lokal. Hal ini sejalan dengan temuan Fatwamaty & Harun (2024) yang menunjukkan bahwa penggunaan pakan alternatif berbasis tanaman lokal mampu meningkatkan kinerja ayam kampung tanpa menurunkan performa produksi, sehingga mendukung pemanfaatan limbah atau bahan lokal sebagai strategi pakan yang adaptif dan berkelanjutan dalam sistem pertanian terpadu. Pada penelitian ini, indikator produktivitas yang digunakan meliputi:

1. Tingkat kesehatan ternak, yang menunjukkan kondisi “baik” tanpa gejala penyakit atau penurunan vitalitas. Kesehatan ternak merupakan indikator tidak langsung dari kecukupan nutrisi dan kesesuaian lingkungan pemeliharaan.
2. Kemampuan substitusi pakan pada ditunjukkan oleh penggunaan sisa sayuran sebesar ±15% tanpa menurunkan performa ayam kampung secara signifikan. Ayam kampung umumnya mampu menerima substitusi pakan non-konvensional berbasis limbah pertanian pada kisaran 10–20% selama kebutuhan protein dan energi tetap terpenuhi. Temuan ini sejalan dengan Fatwamaty & Harun (2024) yang melaporkan bahwa pakan alternatif berbasis tanaman lokal dapat meningkatkan kinerja ayam kampung. Dengan demikian, tingkat substitusi ±15% dapat dikategorikan adaptif dan berada dalam kisaran optimal yang direkomendasikan.
3. Stabilitas sistem pemeliharaan, ditunjukkan oleh tidak adanya peningkatan mortalitas atau gangguan perilaku, yang menandakan bahwa integrasi dengan subsistem tanaman berjalan secara sinergis.

Berdasarkan indikator tersebut, kinerja subsistem peternakan ayam kampung dalam IUFS dapat dikatakan produktif, terutama dari aspek adaptasi dan keberlanjutan sistem, meskipun tidak disajikan data kuantitatif pertambahan bobot badan.

### Efisiensi Pemanfaatan Pakan Sisa Sortiran Sayuran

Efisiensi pakan yang ditunjukkan oleh pengurangan penggunaan konsentrat komersial melalui pemanfaatan sisa sayuran dari subsistem tanaman. Substitusi ini menurunkan ketergantungan pada pakan pabrikan yang berbiaya tinggi, sehingga meningkatkan efisiensi ekonomi sistem tanpa menimbulkan dampak negatif pada kesehatan ternak. Ayam kampung mampu memanfaatkan pakan campuran antara konsentrat komersial dan sisa sayuran dengan tingkat substitusi ±15% tanpa menunjukkan penurunan performa yang signifikan. Komposisi pakan ayam kampung ditunjukkan pada Tabel 6.



**Tabel 6.** Komposisi pakan ayam kampung dalam sistem IUFS

Jenis Pakan	Persentase	Keterangan
Konsentrat komersial	±85%	Sumber protein utama
Sisa sayuran	±15%	Pakan alternatif berbasis limbah

Ayam kampung atau ayam lokal memiliki daya adaptasi yang lebih tinggi terhadap variasi pakan dibandingkan ayam ras, sehingga lebih sesuai dikembangkan dalam sistem pertanian terpadu. Sisa sayuran berfungsi sebagai sumber serat, vitamin, dan mineral alami yang mendukung kesehatan ternak, meskipun tetap perlu dikombinasikan dengan pakan berkadar protein tinggi. Selain aspek pakan, kotoran ayam yang dihasilkan menjadi komponen kunci dalam integrasi IUFS karena dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk organik cair.

### Efektivitas Integrasi dan Prinsip Keberlanjutan IUFS

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsep *Integrated Urban Farming System* (IUFS) yang diterapkan telah membentuk hubungan fungsional antar subsistem hidroponik, perikanan, dan peternakan yang mampu membentuk siklus pemanfaatan sumber daya yang efisien. Limbah organik yang dihasilkan satu subsistem tidak menjadi beban lingkungan, melainkan dimanfaatkan kembali sebagai input produktif bagi subsistem lainnya. Model ini sejalan dengan konsep pertanian berkelanjutan dan ekonomi sirkular yang menekankan efisiensi sumber daya, pemanfaatan limbah, dan keberlanjutan lingkungan (Geissdoerfer *et al.*, 2017). Guna memperjelas pola integrasi antar subsistem, hubungan input–output IUFS dirangkum pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Skema integrasi dan daur ulang antar subsistem IUFS

Subsistem Sumber	Output/Limbah	Subsistem Penerima	Manfaat
Hidroponik	Sisa sayuran	Ikan & ayam	Substitusi pakan
Ikan nila	Air kaya nutrisi	Hidroponik	Nutrisi tambahan
Ayam kampung	Kotoran ayam	Hidroponik	Bahan POC
Seluruh sistem	Limbah organik	Sistem	Pemanfaatan limbah

Pada subsistem hidroponik, sistem tidak hanya berfungsi sebagai penghasil sayuran, tetapi juga sebagai penyedia sisa biomassa tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai substitusi pakan bagi ikan nila dan ayam kampung, sehingga mencerminkan optimalisasi biomassa hasil samping (*by-product utilization*) yang berkontribusi terhadap penurunan biaya pakan dan peningkatan efisiensi ekonomi sistem. Selanjutnya, pada subsistem ikan nila, air kolam yang kaya nutrisi terlarut, terutama nitrogen dan fosfor yang berasal dari sisa pakan dan metabolisme ikan, dimanfaatkan kembali sebagai sumber nutrisi tambahan bagi tanaman hidroponik, sehingga mengurangi kebutuhan penggantian air dan penggunaan pupuk sintetis melalui mekanisme *nutrient recycling*. Pada subsistem peternakan ayam kampung, kotoran ayam yang berpotensi menjadi sumber pencemar lingkungan dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk organik cair (POC) untuk mendukung subsistem hidroponik, yang menunjukkan adanya alih fungsi limbah menjadi input produktif sekaligus menekan ketergantungan terhadap input eksternal. Integrasi antar subsistem ini sejalan dengan prinsip pertanian perkotaan berkelanjutan yang menekankan efisiensi internal sistem dan optimalisasi sumber daya dalam kondisi keterbatasan ruang dan tingginya biaya input.

### SIMPULAN

Penerapan *Integrated Urban Farming System* (IUFS) pada lahan terbatas seluas 100 m<sup>2</sup> di Kelurahan Sukapura, Kecamatan Kiaradondong, Kota Bandung menunjukkan bahwa integrasi subsistem hidroponik, budidaya ikan nila, dan peternakan ayam kampung mampu membentuk sistem pertanian perkotaan yang produktif, efisien, dan berkelanjutan. Integrasi antar subsistem berhasil menciptakan siklus pemanfaatan sumber daya berbasis *closed-loop system*, dimana limbah organik dari satu subsistem dimanfaatkan kembali sebagai input produktif bagi subsistem lainnya.

Subsistem hidroponik dengan metode *Deep Flow Technique* (DFT) mampu menghasilkan produktivitas sayuran daun yang tinggi dan stabil tanpa penggunaan nutrisi anorganik sintetis, melalui pemanfaatan air kolam ikan nila dan pupuk organik cair (POC) yang secara kuantitatif melampaui rerata produktivitas hidroponik non-terintegrasi. Pada saat yang sama, subsistem budidaya ikan nila menunjukkan kinerja produksi yang baik dengan tingkat kelangsungan hidup dan produktivitas biomassa yang efisien untuk skala perkotaan, didukung oleh substitusi sebagian pakan komersial menggunakan sisa sortiran sayuran tanpa menurunkan performa pertumbuhan. Subsistem peternakan ayam kampung juga memperlihatkan adaptasi yang baik terhadap sistem terpadu, ditandai dengan kondisi kesehatan ternak yang stabil serta kemampuan substitusi pakan berbasis limbah sayuran, yang secara keseluruhan menegaskan efektivitas integrasi subsistem dalam meningkatkan efisiensi penggunaan input.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini membuktikan bahwa model IUFS efektif dalam meningkatkan efisiensi penggunaan lahan, air, nutrisi, dan pakan, sekaligus mengurangi limbah organik melalui mekanisme daur ulang antar subsistem. Model ini sejalan dengan prinsip pertanian berkelanjutan dan ekonomi sirkular, serta memiliki potensi besar untuk direplikasi pada skala rumah tangga, komunitas, maupun institusi di kawasan perkotaan. Dengan demikian, IUFS dapat menjadi alternatif strategis dalam mendukung ketahanan pangan dan peningkatan ekonomi rumah tangga perkotaan pada kondisi keterbatasan lahan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Awalina, R., & Asmuti, A. (2025). Aplikasi sistem aquaponik dengan hidroponik DFT pada budidaya pakcoy (*Brassica rapa L.*). *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 29(1), 33–42. <https://doi.org/10.25077/jtpa.29.1.%25p.2025>
- Boyd, C.E. (2020). *Water quality: An introduction* (3rd ed.). Cham: Springer Publishing.
- Creswell, J.W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). Thousand Oaks: Sage Publications.
- El-Sayed, A.F.M. (2006). *Tilapia culture*. Wallingford: CABI Publishing.
- Fatwamaty & Harun. (2025). Pengaruh pakan alternatif berbasis tanaman lokal terhadap kinerja ternak ayam kampung. *JIPENA: Jurnal Ilmu Peternakan Indonesia*, 2(1), 10-16. <https://doi.org/10.70134/jipena.v2i1.311>
- Febriana, I.G., Wijana, G., Sukewijaya, I.M., Darmawati, I.A.P., & Pradnyawathi, N.L.M. (2025). Optimizing seedling density per planting hole of lettuce (*Lactuca sativa L. var. longifolia*) in a Deep Flow Technique hydroponic system. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 8(3), 1106–1113. <https://doi.org/10.37637/ab.v8i3.2441>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). *Integrated farming systems: Guidelines for sustainable agriculture*. FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). *Urban and peri-urban agriculture: Sourcebook*. FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). *The state of food security and nutrition in the world*. FAO.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Haryanta, D., & Widya, S.A. (2024). Liquid organic fertilizer (POC) as a waste processing strategy to support increasing crop production: A review. *Journal of Applied Plant Technology*, 3(2), 106–119. <https://doi.org/10.30742/65vpgp22>
- Hayati, R., & Al-Amin. (2025). Inovasi teknologi urban farming: Analisis literatur tentang efektivitas hidroponik, vertikultur, dan akuaponik di perkotaan. *Capitalis: Journal of Social Sciences*, 2(3), 197–207.
- Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 447–465. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2163>
- Rakocy, J. E., Masser, M. P., & Losordo, T. M. (2006). *Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics integrating fish and plant culture* (SRAC Publication No. 454). Southern Regional Aquaculture Center.
- Resh, H. M. (2013). *Hydroponic food production: A definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower* (7th ed.). New York: CRC Press.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

- Suariyani, L., Yudiastari, Y.T.M., Suwitari, N.K.E., Wibawa, I.M.A., Pamuji, A., & Dharmika, I.M.D. (2023). The utilization of vegetable waste as fermented chicken feed for maintaining super native chickens. *Asian Journal of Community Services*, 2(3), 311–322. <https://doi.org/10.55927/ajcs.v2i3.3488>
- Zulaiha, A.V., Dianita, R., & Alwi, Y. (2022). Performan ayam ras petelur jantan yang dipelihara dengan pastured-based system pada kepadatan kandang berbeda. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 10(2), 107–114. <https://doi.org/10.36084/jpt.v10i2.446>